

明 細 書

プラズマ処理方法及びその装置

技術分野

- [0001] 本発明は、主としてポリエチレンやポリプロピレン、ポリエステル(PET)、PTFE(ポリ四フッ化エチレン)などの樹脂に対して塗料を塗布する場合や印刷を施す場合にその表面の撥水性を親水性に改質したり、ガラス、セラミックス、金属、半導体等の表面に付着した有機物を洗浄したり、殺菌・滅菌したり、エッチングしたりするなどの各種の表面処理あるいはガス分解プロセスに適用されるもので、詳しくは、コロナ放電により生成されるプラズマによる分子解離の結果発生する励起分子、ラジカル、イオンなどの励起種を被処理物の表面に照射して改質等の表面処理等を行なうコロナ放電式のプラズマ処理方法およびその装置に関するものである。

背景技術

- [0002] コロナ放電方式のプラズマ表面処理方法は、グロー放電方式のプラズマ表面処理方法の場合に必要なヘリウムまたはアルゴンや水素など点火用ガスの使用が省け、使用時の安全性の向上及びガス消費量の節減による処理コストの低減を図れるという利点を有することから、表面改質等の表面処理に多く利用されている。
- [0003] この種のコロナ放電方式のプラズマ表面処理方法による処理性能、処理効率を決定する上で重要な要素は、コロナ放電により生成されたプラズマを含む励起種の被処理物表面への照射量、照射面積及び照射の均一性であり、これら重要な要素を達成する手段として、従来では、一対の放電電極を対向する状態に配置し、この両電極間に正弦交流電圧を印加して両電極間でコロナ放電を発生させると共に、その放電領域にガスを流すようにしている(例えば特許文献1参照)。

特許文献1:特開平2001-293363号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0004] しかしながら、前記した従来のコロナ放電方式のプラズマ表面処理方法では、ガスの噴射圧力や噴射角度等の調整により励起種の照射量や照射面積を調整できるも

のの、一定の間隔に形成されている放電領域が1箇所しかないことから、その調整範囲には自ずと限界があり、特に、被処理物表面の全域に励起種を平均的に均等に照射させることは構造的にも技術的にも難しいという問題があった。

- [0005] 本発明は上記のような実情に鑑みてなされたもので、被処理物表面に対する励起種の照射量及び照射面積を拡大できるとともに、表面全域に均一に照射することができ、しかも、有効励起種のロスを抑制して処理性能、処理効率の著しい向上を図ることができるプラズマ処理方法及びその装置を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

- [0006] 上記目的を達成するために、本発明の請求項1に係るプラズマ処理方法は、相対向する放電電極にパルス電圧を印加してそれら放電電極の尖端部間にコロナ放電を生起させ、このコロナ放電により生成されるプラズマを含む励起種を被処理物の表面に照射して表面処理を行なうプラズマ処理方法であって、

中心電極とこの中心電極を挟む状態で対向配置した2つの周縁電極とで構成した放電電極の中心電極と両周縁電極とに、偶数倍電圧整流回路を応用して構成したパルス電圧印加手段からパルス電圧を交番印加して、両周縁電極の内的一方と中心電極との間にコロナ放電を交互に発生させるように構成したことを特徴とする。

- [0007] また、本発明の請求項6に係るプラズマ処理装置は、相対向する放電電極にパルス電圧を印加してそれら放電電極の尖端部間にコロナ放電を生起させ、このコロナ放電により生成されるプラズマを含む励起種を被処理物の表面に照射して表面処理を行なうように構成されたプラズマ表面処理装置であって、

放電電極を中心電極と、該中心電極に対向して配置された2つの周縁電極とで構成し、偶数倍電圧整流回路を応用して構成したパルス電圧印加手段の中央端子を中心電極に接続するとともに、パルス電圧印加手段の各側部端子をそれぞれ周縁電極にそれぞれ接続し、中心電極と各周縁電極とに印加される交番電圧に基づいて中心電極と周縁電極との間にコロナ放電を交互に生起させるように構成したことを特徴とする。

発明の効果

- [0008] 上記構成の本発明によれば、放電電極を中心電極とその中心電極に対向する状

態で配置した2つの周縁電極とで構成し、中心電極と各周縁電極との間にパルス電圧を交番印加して、交互に放電させるようにしていることから、放電間隔を直列に2箇所形成している状態となり、被処理物表面に対する励起種の照射量及び照射面積を拡大できるとともに、表面全域に均一に照射することができることになる。

- [0009] 上記のようなコロナ放電式のプラズマ処理方法及び装置において、放電電極に印加するパルス電圧としては、請求項2及び請求項8に記載のように、矩形波パルス電圧、あるいは、請求項3及び請求項9に記載のように、交流電圧を全波整流した複数の脈流波から構成されるパルス電圧のいずれを使用してもよい。このうち、特に、脈流波から構成されるパルス電圧を使用する場合は、特別なパルス電圧発生電源が不要で、商用または超音波領域の交流電源とダイオード等の整流素子との組み合わせからなる簡単な電源装置を用いることで、所望周期及びデューティのパルス電圧を印加することが可能で、装置の低コスト化を実現することができる。
- [0010] さらに、請求項4及び請求項10に記載のように、放電電極の尖端部近くに磁場を形成した状態で、放電電極にパルス電圧を印加して両電極間にコロナ放電を生起させる場合には、コロナ放電により生成されるプラズマを含む励起種が磁場の中に存在することになって、磁場の中を運動するプラズマの荷電粒子に対して磁場から押し出し力、即ちローレンツ力が作用して、励起種を被処理物の表面に向って勢いよく、また広い面積に亘ってほぼ均一に照射させることができる。
- [0011] そして、上記コロナ放電式のプラズマ処理装置における磁場形成手段としては、請求項11に記載したように、永久磁石と一对の磁性体と端面間にギャップを形成する一对のポールピースとから構成されたもの、あるいは、請求項12に記載したように、直流電源に接続された電磁石と一对の磁性体と端面間にギャップを形成する一对のポールピースとから構成されたもの、のいずれであってもよい。このうち、永久磁石を用いる場合は、製作コストの低減及び電力消費の節減が図れる。一方、電磁石を用いる場合は、永久磁石を用いる場合に比して製作コスト及び電力消費が増大する反面、ポールピース端面間のギャップの磁束密度を調整することによってローレンツ力、ひいては、プラズマを含む励起種の照射力及び照射拡散範囲を被処理物の表面形態等に対応して容易かつ任意にコントロールしやすく、被処理物に対する形状適

用性の拡大が図れる上に、処理性能、処理効率をより一層向上することができる。

- [0012] さらに、本発明では、請求項5及び13に記載のように、アルゴン、窒素、炭酸ガス等の反応性ガスを大気圧または大気圧近傍下で放電電極間に導入するようにすると、ガスの流れでプラズマを含む励起種を被処理物表面に向けて照射して被処理物表面への照射量、照射面積及び照射の均一性を得ることができる上、プラズマを含む励起ガス流を磁場から受ける押出し作用力(ローレンツ力)で照射させることにより、種々の表面処理に利用することが可能となる。

図面の簡単な説明

- [0013] [図1]本発明に係るプラズマ処理装置の一実施例を示す一部省略縦断正面図である。

[図2]図1の装置の一部切除斜視図である。

[図3]パルス電圧印加手段で出力される脈流電圧の波形図で、図3aは昇圧器からの出力波形図、図3bは中心電極と正電極とで取り出される整流された脈流電圧の波形図、図3cは中心電極と負電極とで取り出される整流された脈流電圧の波形図である。

[図4]パルス電圧印加手段で出力される矩形波電圧の波形図で、図4aは昇圧器からの出力波形図、図4bは中心電極と正電極とで取り出される整流された矩形波電圧の波形図、図4cは中心電極と負電極とで取り出される整流された矩形波電圧の波形図である。

符号の説明

- [0014] 4…放電電極、6・7…ポールピース、8…永久磁石、11…中心電極、12・13…周縁電極(12…正電極、13…負電極)、16…パルス電圧印加手段、M…磁場形成手段。

発明を実施するための最良の形態

- [0015] 以下、本発明の実施の形態を図面にもとづいて説明する。

図1は本発明方法を適用したプラズマ表面処理装置の一実施例を示す概略縦断正面図、図2は一部切除斜視図である。

このプラズマ表面処理装置は、多数のガス噴出孔(1)を列設するとともに各ガス噴出孔の上端部分が連通するガス溜(2)とを内部に形成した板状絶縁部材(3)と、板状

絶縁部材(3)に支持されている放電電極(4)と、放電電極(4)を前後から挟む状態に形成した一对のセラミックス製絶縁スペーサ(5)と、セラミックス製絶縁スペーサ(5)の外側にそれぞれ配置したポールピース(6)(7)と、各ポールピース(6)(7)にそれぞれ磁気的に連結接続されている磁石(8)と、この磁石(8)の上端部同士を接続する磁性材製連結杆(9)、及び、放電電極(4)に放電用電圧を印加する電源装置(10)とで構成してある。

[0016] 放電電極(4)は、略T字状(撞木状)に形成した中心電極(11)と、この中心電極(11)のT字型頭部の端面(尖端)にそれぞれ対向する状態に配置された略L字型の周縁電極(12)(13)とで構成してある。そしてこれら、中心電極(11)及び両周縁電極(12)(13)はそれぞれタングステンやモリブデン等の耐熱性のある金属で形成してある。

[0017] 電源装置(10)は、交流電源(14)と、交流を昇圧する変圧器(15)と、この変圧器(15)の2次側に配置されている倍電圧整流回路のコンデンサを外して形成した全波型整流回路からなるパルス電圧印加手段(16)とで構成してあり、変圧器(15)の2次側端子の一方を前記T字状に形成されている中心電極(11)に電氣的に接続すると共に、変圧器(15)の2次側端子の他方を前記L字状に形成されている周縁電極(12)(13)にそれぞれ高圧整流ダイオード(17)(18)を介して電氣的に接続されている。この場合、高圧整流ダイオード(17)と高圧整流ダイオード(18)とは、その流れ方向を逆に配置してあり、正電極(12)では中心電極(11)に対して高電圧を出力し、負電極(13)では中心電極(11)に対して低電圧を出力するようになっている。つまり、このパルス電圧印加手段(16)からはそれぞれ半波整流した正電圧側と負電圧側の脈流波がパルス電圧として交互に印加され、中心電極(11)と正電極(12)の尖端部間、または中心電極(11)と負電極(13)の尖端部間にコロナ放電を生起させ、このコロナ放電によりプラズマを含む励起種を生成させるように構成されている。

[0018] なお、この電源装置(10)としては、50Hz〜100KHzの交流電源を変圧器(15)で図3aに示すような5〜15KVの波高値 V_p をもつ正弦波に昇圧し、この昇圧された正弦波を5〜15KVの波高値 V_p を持つ直流の脈流波に変換し、図3bに示す正電圧部分(直流)を中心電極(11)と正電極(12)との間に印加させ、また、図3cに示す負電圧部分を中心電極(11)と負電極(13)との間に印加させて、それぞれON時間およびOFF時

間の和を一周期Tとしてパルス周波数($1/T$)が10ー200Hz、パルスデューティが10ー100%のパルス電圧を交互に発生させることになる。

[0019] 上記放電電極(4)の尖端部直近位置には、コロナ放電により生成されるプラズマ中の荷電粒子が存在する水平面に沿った磁場を形成する磁場形成手段が設けられている。この磁場形成手段は、上記放電電極(4)の基端部上方に配置された永久磁石(8)とこの永久磁石(8)のN, S両極に接続されて一対の放電電極(4)の尖端部近くにまで延設された純鉄製等の一対の軟磁性体とこれら軟磁性体の先端に一体に連設されて放電電極(4)の尖端部を挟んで相対向する端面間に磁場形成用ギャップを形成する純鉄製等の一対のポールピース(6)(7)とから構成されており、この磁場形成手段におけるポールピース(6)(7)の端面間のギャップに形成される磁場の中をプラズマ中の荷電粒子が運動することに伴い、この荷電粒子には押出し力、すなわち、ローレンツ力が作用してプラズマを含む励起種が図1、2中の矢印Xに示すように、被処理物の表面に向けて照射されるように構成されている。

[0020] ここで、上記のローレンツ力Fは、粒子の電荷をQ、速度をv、ポールピース端面間のギャップの磁束密度をBとすると、

$$F = Qv \times B$$

であり、荷電粒子の速度ベクトルに垂直に作用し、これによって、プラズマを含む励起種が矢印X方向に押出し照射される。

[0021] また、板状絶縁部材(3)に形成されている各ガス噴出孔(1)からアルゴン、窒素、炭酸ガス等の反応性ガスや高速エアーを大気圧または大気圧近傍下で一対の放電電極間に導入して、プラズマを含む励起ガス流を磁場から受けるローレンツ力で被処理物の表面に向けて照射させるように構成してある。したがって、表面処理の適用性を拡大することが可能となる。

[0022] このように構成されたコロナ放電式プラズマ表面処理装置においては、永久磁石(8)のN, S両極に軟磁性体を介して接続されたポールピース(6)(7)の端面間のギャップに有効磁束及び漏れ磁束からなる磁場(磁界)が形成されており、この状態で、上記した電源装置(10)により整流された出力が中心電極(10)と正電極(11)との間及び中心電極(11)と負電極(12)との間にパルス周波数が10ー200Hzの正または負のパルス

電圧を印加して両電極(10)(11)、あるいは(10)(12)の尖端部間にコロナ放電を交互に生起させると、このコロナ放電により生成されるプラズマを含む励起種が磁場の中に存在することになり、この磁場の中を運動するプラズマ中の荷電粒子が磁場から受ける既述のローレンツ力Fによってプラズマを含む励起種には磁場に垂直な矢印X方向の力が与えられることになる。

[0023] また、本発明では、一对の放電電極(4)を構成する中心電極(11)と正負各電極(12)(13)に対して、交流電圧を整流してえられた複数の脈流波から構成される正または負のパルス電圧をそれぞれ使用しているので、たとえばマルチバイブレータやシュミット・トリガ回路、ブロッキング発振器などの特別なパルス電圧発生電源が不要で、商用交流電源あるいは超音波電源とダイオード等の整流素子との組み合わせからなる簡単な電源装置を用いながら、所望周期及びデューティのパルス電圧を印加することが可能であり、さらに、磁場形成手段として、製作コストが低くかつ電力消費のない永久磁石(8)を利用することによって装置全体の導入コスト及びランニングコストの低減が図れる。

[0024] なお、上記実施態様においては、磁場形成手段(M)として永久磁石(8)を使用したのが、磁場形成手段としては、電磁石であっても良い。このように磁場形成手段(M)として電磁石を使用すると、ローレンツ力Fを制御することができ、プラズマを含む励起種に負荷される磁場に垂直な力を調整することができる。

[0025] さらに、上記の実施態様では、放電電極(4)の尖端部を挟んで相対向する端面間に磁場を形成すると共に、該端面間に反応性ガスや高速エアを噴出するようにしているが、磁場形成とガス導入とはいずれか一方だけであっても良い。

[0026] さらにまた、上記の実施態様では、交流電源と、その交流電圧を全波整流した複数の脈流波で構成されるパルス電圧を発生する整流回路とでパルス電圧印加手段を構成したものについて説明したが、パルス電圧印加手段は図4に示すような矩形波のパルス電圧を発生させるパルス波発生電源であつても良い。

産業上の利用可能性

[0027] 本発明は、主としてポリエチレンやポリプロピレン、ポリエステル(PET)、PTFE(ポリ四フッ化エチレン)などの樹脂に対して塗料を塗布する場合や印刷を施す場合にそ

の表面の撥水性を親水性に改質したり、ガラス、セラミックス、金属、半導体等の表面に付着した有機物を洗浄したり、殺菌・滅菌したり、エッチングしたりするなどの各種の表面処理やコロナ放電により生成されるプラズマによる分子解離を利用したガス分解プロセスに適用することができる。

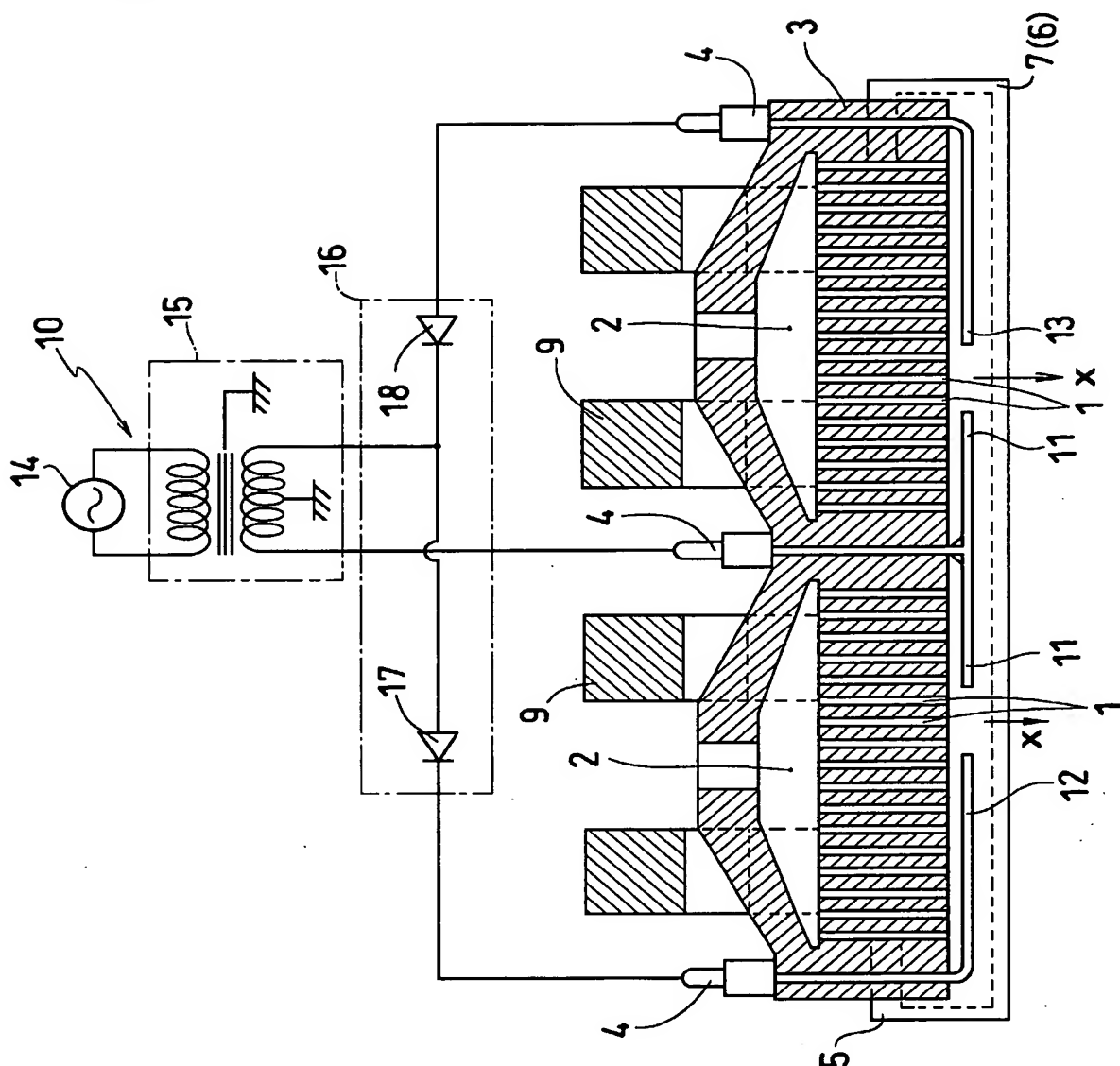
請求の範囲

- [1] 相対向して位置する放電電極(4)間にパルス電圧を印加してそれら放電電極(4)の尖端部間にコロナ放電を生起させ、このコロナ放電により生成されるプラズマを含む励起種を被処理物の表面に照射して処理を行なうプラズマ処理方法であって、
中心電極(11)とこの中心電極(11)を挟む状態で対向配置した2つの周縁電極(12)(13)とで構成した放電電極(4)の中心電極(11)と両周縁電極(12)(13)とに、偶数倍電圧整流回路を応用して構成したパルス電圧印加手段(16)からパルス電圧を交番印加して、両周縁電極(12)(13)の内の一方と中心電極(11)との間にコロナ放電を交互に発生させるように構成したことを特徴とするプラズマ処理方法。
- [2] 上記パルス電圧として、矩形波パルス電圧を使用する請求項1に記載のプラズマ処理方法。
- [3] 上記パルス電圧として、交流電圧を両波整流した複数の脈流波で構成されるパルス電圧を使用する請求項1に記載のプラズマ処理方法。
- [4] 放電電極(4)の尖端部近くで上記プラズマ中の荷電粒子が存在しているところに磁場が形成されており、この磁場中を運動する荷電粒子に対して押出し作用する力によりプラズマを含む励起種を被処理物の表面に向けて照射させるようにした請求項1〜3のいずれか1項に記載のプラズマ処理方法。
- [5] 中心電極(11)とこの中心電極(11)に対向している周縁電極(12)(13)間に反応性ガスを大気圧または大気圧近傍圧力下で導入することによりプラズマを含む励起ガス流で被処理物の表面に向けて照射させる請求項1〜4のいずれか1項に記載のプラズマ処理方法。
- [6] 相対向して位置する放電電極(4)間にパルス電圧を印加してそれら放電電極(4)の尖端部間にコロナ放電を生起させ、このコロナ放電により生成されるプラズマを含む励起種を被処理物の表面に照射して処理を行なうように構成されたプラズマ処理装置であって、
放電電極(4)を中心電極(11)と、該中心電極(11)に対向して配置された2つの周縁電極(12)(13)とで構成し、偶数倍電圧整流回路を応用して構成したパルス電圧印加手段(16)の中央端子を中心電極(11)に接続するとともに、パルス電圧印加手段(16)の

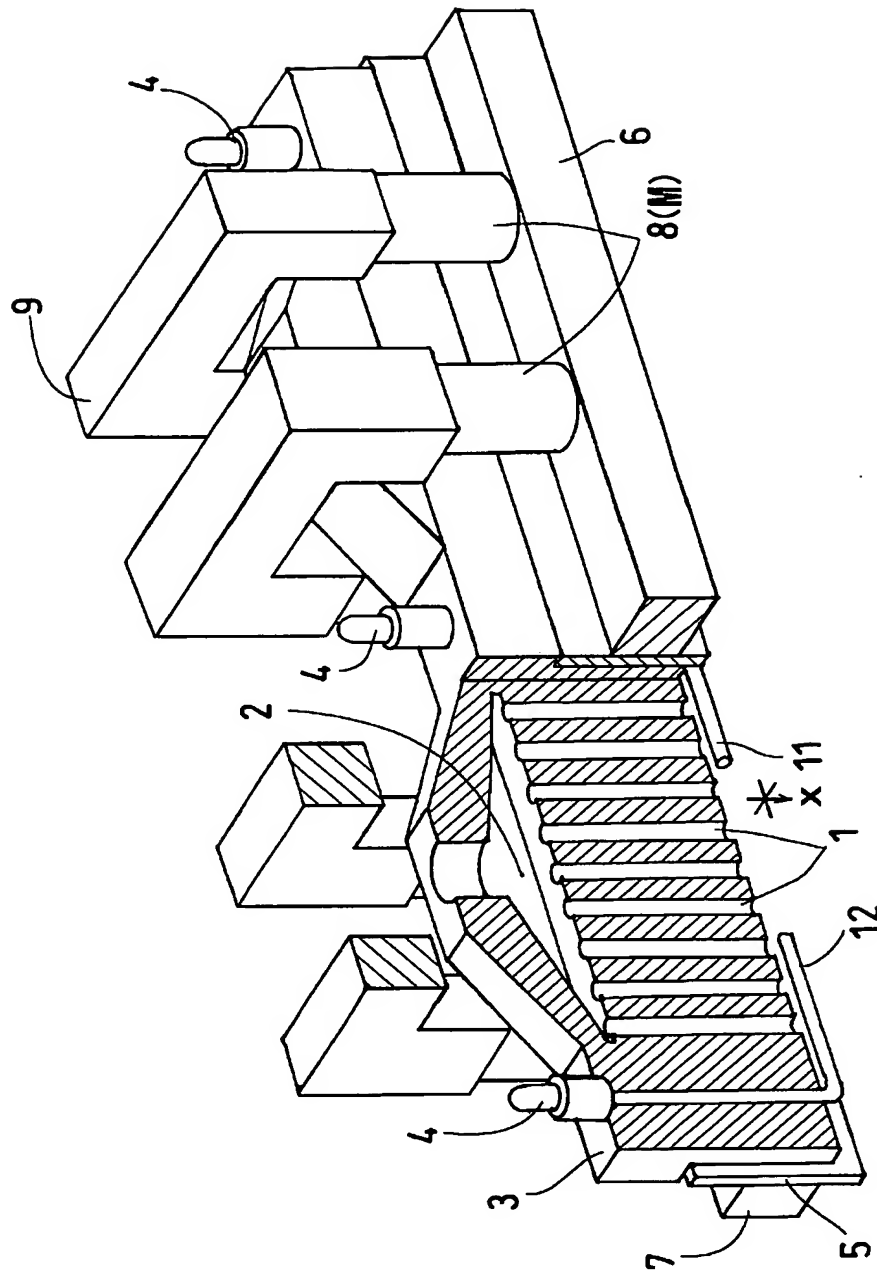
各側部端子をそれぞれ周縁電極(12)(13)にそれぞれ接続し、中心電極(11)と各周縁電極(12)(13)とに印加される交番電圧に基づいて中心電極(11)と周縁電極(12)(13)との間にコロナ放電を交互に生起させるように構成したことを特徴とするプラズマ処理装置。

- [7] 中央電極(11)を撞木状に形成し、対向方向に延出された腕の先端部に対向する状態に周縁電極(12)(13)が配置してある請求項6に記載のプラズマ表面処理装置。
- [8] 上記パルス電圧印加手段(16)が、矩形波パルス電圧発生電源である請求項6又は7に記載のプラズマ処理装置。
- [9] 上記パルス電圧印加手段(16)が、交流電源と、その交流電圧を全波整流した複数の脈流波で構成されるパルス電圧を発生する整流回路とから構成されている請求項6又は7に記載のプラズマ処理装置。
- [10] 対向して配置されている放電電極(4)の先端部近くで上記プラズマ中の荷電粒子が存在しているところに磁場を形成して該磁場中を運動する荷電粒子に対してプラズマを含む励起種を被処理物の表面に向けて照射させる押出し力を作用させることが可能な磁場形成手段(M)が設けられている請求項6ー9のいずれか1項に記載のプラズマ処理装置。
- [11] 前記磁場形成手段(M)が、永久磁石(8)とこの永久磁石(8)のN, S両極に接続されて一対の放電電極(4)の先端部近くにまで延設された一対の磁性体とこれら磁性体の先端に連なり端面間にギャップを形成する一対のポールピース(6)(7)とから構成されている請求項10に記載のプラズマ処理装置。
- [12] 上記磁場形成手段(M)が、直流電源に接続された電磁石とこの電磁石のN, S両極に接続されて一対の放電電極(4)の先端部近くにまで延設された一対の磁性体とこれら磁性体の先端に連なり端面間にギャップを形成する一対のポールピース(6)(7)とから構成されている請求項10に記載のプラズマ処理装置。
- [13] 上記放電電極間に反応性ガスを大気圧または大気圧近傍圧力下で導入する手段が設けられており、この手段を介して反応性ガスを導入することによりプラズマを含む励起ガス流を被処理物の表面に向けて照射させるように構成されている請求項6ー12のいずれか1項に記載のプラズマ処理装置。

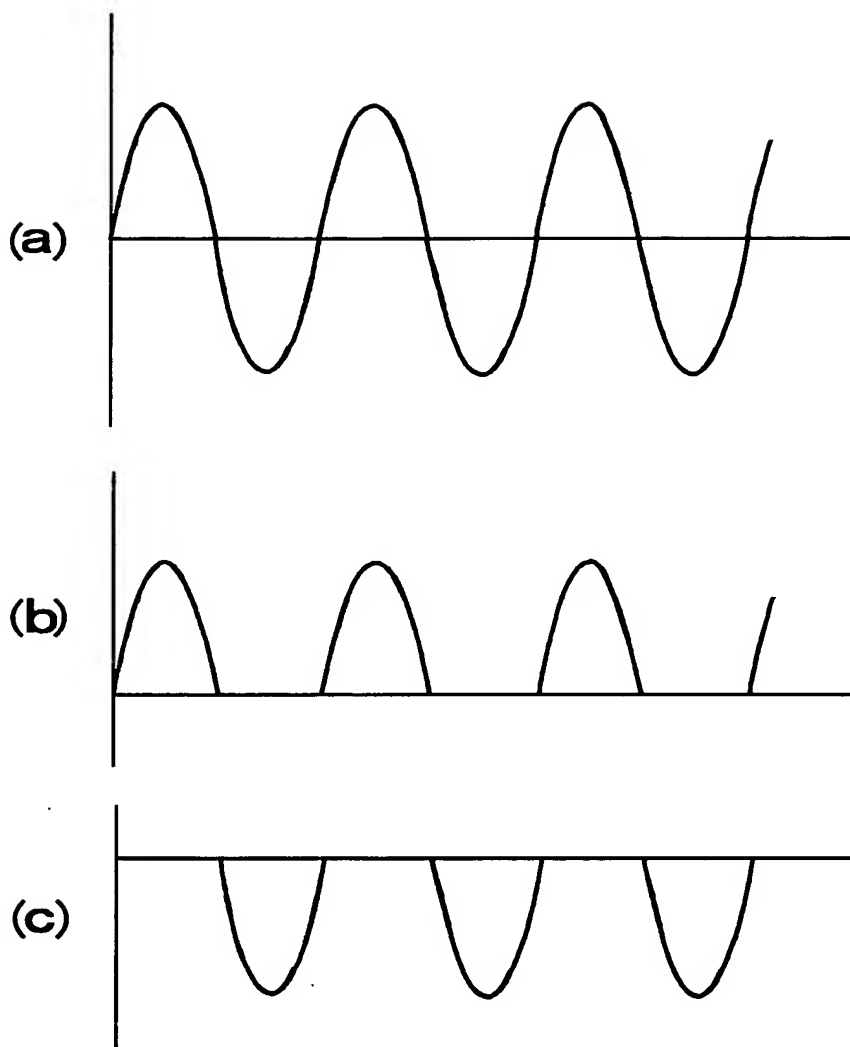
[図1]



[図2]



[図3]



[図4]

